

Estudo do efeito do regime hídrico e da fertilização azotada na qualidade tecnológica do trigo mole

NA REGIÃO DO BAIXO ALENTEJO

J. Ferro Palma¹, A. Tomaz^{1,2}, J. Dôres¹,
T. Ramos¹, M.I. Patanita¹,
M. Natividade Costa¹, E. Rosa¹,
I. Guerreiro¹, J. Penacho¹, M. Patanita^{1,2}

¹Instituto Politécnico de Beja

²GeoBioTec. Universidade Nova de Lisboa

INTRODUÇÃO

Em regiões de clima mediterrânico, há uma sobreposição das variáveis climáticas chave com as fases críticas do ciclo de desenvolvimento do trigo. Adicionalmente, as alterações climáticas têm contribuído para acentuar a irregularidade sazonal e inter-anual da temperatura e precipitação, características do clima mediterrânico. As consequências desta variabilidade climática na produção de trigo fazem-se sentir ao nível do seu ciclo de desenvolvimento e da sua produtividade. As respostas produtivas do trigo à disponibilidade de água e azoto variam largamente para diferentes condições agro-ambientais e os hiatos de rendimento da cultura podem ser suplantados em função de fatores técnicos, ambientais ou económicos (Cassman *et al.*, 2006). Desta forma, estratégias de adaptação baseadas na rega e na fertilização podem constituir ferramentas para fazer face aos impactos negativos da mudança climática.

O uso da água pelo trigo depende da variedade, do estado fenológico, das condições climáticas, da disponibilidade de água, do solo e das práticas agronómicas. Uma ajustada disponibilidade de água durante fases consideradas críticas no ciclo do trigo, como o encanamento, o emborrachamento, a ântese e o enchimento do grão (Figura 1), proporciona melhores condições para a síntese e translocação de hidratos de carbono, favorecendo o número e o tamanho dos grãos e, consequentemente, o rendimento da cultura (Boteta, 2013; Alghory e Yazar, 2018; Tomaz *et al.*, 2018).

Na produção de trigo, o azoto (N) é um elemento chave na obtenção de altos rendimentos e o teor de N é amplamente considerado como o principal fator que pode afetar diretamente o armazenamento de proteína no grão, bem como a sua



qualidade tecnológica. A disponibilidade de N durante o emborrachamento pode contribuir para um maior conteúdo em proteína do grão, uma qualidade desejável em trigos para panificação (Blandino *et al.*, 2015; Costa e Patanita, 2015).



FIGURA 1. Fases críticas ao défice hídrico na cultura do trigo.

De modo a fazer face às necessidades da cultura em contexto de condições climáticas e de mercado menos favoráveis, melhorando a eficiência do uso da água e do N é necessário encontrar um compromisso na gestão entre os aspetos quantitativos e qualitativos, adequando o tipo de fertilizante, a dose, o fracionamento, e o período mais recomendado de aplicação, bem como os volumes e calendários de rega apropriados (Tomaz *et al.*, 2017).

Tendo por base estas considerações, e estudos anteriores surgiu o projeto "INTERA-

Trigo – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto" co-financiado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, pelo Programa Operacional Regional de Lisboa e pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia na sua componente OE. Os objetivos principais deste projeto são:

- avaliar os efeitos combinados dos regimes hídricos com os tratamentos de fertilização azotada nas respostas produtiva e de qualidade tecnológica de uma variedade de trigo melhorador ("Antequera");
- identificar as combinações regime hídrico × fertilização azotada que proporcionam os melhores resultados de produção e qualidade do grão.

Neste artigo, para além da produção de grão, apresentam-se os principais resultados obtidos nas características de avaliação tecnológica do grão, nomeadamente: massa do hectolitro (kg/hl), teor de proteína do grão (%), teor de glúten seco (%), parâmetro alveográficos (força da massa – W em 10⁻⁴J e equilíbrio da massa dada pela relação entre a tenacidade (P) e a extensibilidade (L), ambas em mm).

MATERIAL E MÉTODOS

No ano agrícola de 2017/18 instalou-se a 22 de dezembro de 2017 um ensaio de campo,

na Quinta da Saúde em Beja, em solos Barros Pretos Calcários, Bpc (Vertissolos na classificação da FAO) (SROA, 1966; Cardoso, 1974; IUSS *Working Group* WRB, 2014) com dois fatores de estudo: regime hídrico e fertilização azotada (tipo de fertilizante e fracionamento/época de aplicação).

O desenho experimental adotado foram parcelas subdivididas (*split-plot*) com quatro repetições. As modalidades de rega nas parcelas principais e os tratamentos de fertilização azotada nas parcelas secundárias.

As modalidades de rega foram as seguintes:

- R0, que correspondeu ao regime de sequeiro pelo que não se efetuou rega;
- R1, que correspondeu ao conforto hídrico, com rega a 100% da evapotranspiração cultural (ETc) ao longo do ciclo da cultura;
- R2, que correspondeu a rega deficitária, com rega a 100% ETc nas fases críticas da cultura (encanamento, emborrachamento, floração e enchimento do grão).

Nos oito tratamentos de fertilização azotada, cuja dose foi de 180 kg N/ha, utilizaram-se quatro tipos de fertilizantes:

- A1 e A2, tratamentos com o fertilizante clássico Foskamônio 12-24-12;
- A3 e A4, tratamentos com o fertilizante Entec 20-10-10 que incorpora um inibidor da nitrificação;
- A5 e A6, tratamentos com o fertilizante de libertação controlada Nergetic 20-8-6;
- A7 e A8, tratamentos com o fertilizante Duramon Fuerza 20-5-5 que dispõe de um inibidor da urease.

Nas fertilizações de cobertura ao afilhamento utilizou-se Ureia 46% e ao encanamento e emborrachamento um fertilizante nitroamoniaco (Nitrolusal 27%). Em sequeiro (R0) apenas se aplicou 2/3 da dose de azoto aplicada em regadio (R1 e R2). No **Quadro 1** indicam-se os fraccionamentos da aplicação dos fertilizantes ao longo do ciclo da cultura.

No que se refere às condições climáticas em que decorreu o ensaio, pela sua particular importância para o estudo, importa destacar a forma como se distribuiu a precipitação (COTR, 2018). Para uma melhor análise, efetua-se a comparação na **Figura 2** com as normais climatológicas do período 1971-2000 (IPMA, 2018). No período invernal (dezembro a fevereiro) o agrícola 2017/18 foi mais seco que a normal do período correspondente, facto que,

QUADRO 1. Tratamentos da fertilização azotada, fracionamento (%), época de aplicação e fertilizantes de fundo e cobertura.

Tratamento de fertilização azotada	Fertilizante	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento
A1	Foskamónio	25	50	–	25
A2	12-24-12	25	25	25	25
A3	Entec	100	–	–	–
A4	20-10-10	50	–	–	50
A5	Nergetic	100	–	–	–
A6	20-08-10	50	–	–	50
A7	Duramon	100	–	–	–
A8	20-05-05	50	–	–	50
Fertilizante de cobertura		–	Ureia	Nitroamoniaco	–

dadas as reduzidas necessidades hídricas da cultura na fase inicial de crescimento não parece ter afetado a formação do rendimento. Ao contrário do que se verificou no período invernal, na primavera (março a maio), verificou-se um maior volume e uma mais ajustada distribuição da precipitação com evidente benefício para a cultura já que ocorreu num período de maior exigência hídrica, **situação que levou à não existência de diferenças significativas no rendimento entre os três regimes hídricos.**

Perante esta distribuição da precipitação, os volumes totais de rega aplicados ao longo do ciclo de crescimento diferenciaram-se apenas em 90 m³/ha, 1440 m³/ha e 1350 m³/ha, nas modalidades de rega R1 e R2, respetivamente, distribuídos em 10 aplicações, com início em 3 de fevereiro e final em 2 de junho.

RESULTADOS

O regime hídrico não influenciou a produção de grão (**Quadro 2**). Embora se tenha atingido o valor mais elevado com R1-Rega 100 ETc ao longo do ciclo da cultura (7286 kg/ha), o mesmo foi estatisticamente semelhante aos restantes regimes hídricos (7083 e 6932 kg/ha, respetivamente em R0 e R2). Este resultado terá sido consequência da ocorrência de precipitação, a partir do encanamento, muito acima da média anual e também a sua regular distribuição, principalmente na fase final do ciclo, atenuando/eliminando as diferenças entre os distintos regimes hídricos (Patanita *et al.*, 2019).

O efeito da fertilização azotada foi significativo, tendo-se obtido valores mais elevados de produção de grão nos tratamentos A1 e A2, ambos realizados com o fertilizante clássico Foskamónio 12-24-12, respetivamente 7378 e 7337 kg/ha, embora estatisticamente diferentes apenas dos valores mais baixos obtidos nos tratamentos A5 e A7, respetivamente, 6793 e 6873 kg/ha (**Quadro 2**). Estes tratamentos correspondem à

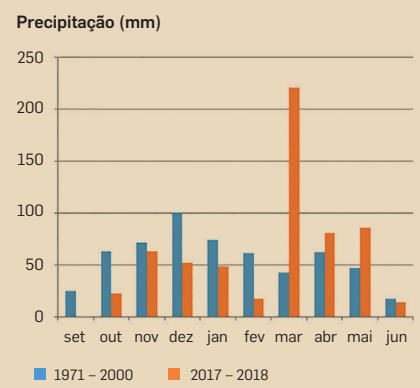


FIGURA 2. Precipitação mensal no ano agrícola 2017-18 (COTR, 2018) e normais no período de 1971-2000 (IPMA, 2018).

QUADRO 2. Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada (tipo/fracionamento/época de aplicação) na produção de grão (kg/ha) e na massa do hectolitro (kg/hl) em Beja 2017/2018.

Tratamento	Produção de grão (kg/ha)	Massa do hectolitro (kg/hl)
Regime Hídrico	n.s.	n.s.
R0	7083 a	81,3 a
R1	7286 a	81,1 a
R2	6932 a	81,0 a
Fertilização azotada	*	*
A1	7378 a	81,6 a
A2	7337 a	81,6 a
A3	7244 ab	80,9 b
A4	7091 abc	81,2 a
A5	6793 c	81,2 a
A6	6999 abc	80,8 a
A7	6873 bc	80,8 a
A8	7089 abc	81,1 a
Interação (R×A)	n.s.	n.s.
Média geral	7100	81,1

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey;
* – significativo para $p < 0,05$; n. s. – não significativo para $p < 0,05$.

aplicação única à sementeira de fertilizante com libertação controlada (Nergetic 20-8-10) e de fertilizante com inibidor da urease (Duramon Fuerza 20-5-5).

A massa do hectolitro que depende da variedade, das condições ambientais de cada

local e de cada ano e de algumas técnicas de cultivo, entre as quais a fertilização e a rega (Costa e Patanita, 2015), é um bom indicador da adaptação varietal. Independentemente do regime hídrico, a massa do hectolitro registou cerca de 81,0 kg/hl, valor elevado, sinal de boa formação do grão e acumulação de nutrientes (Costa e Patanita, 2015).

O teor de proteína do grão é uma característica habitualmente influenciada pelas condições ambientais e técnicas culturais, nomeadamente pela dose e fracionamento da fertilização azotada. Nos resultados obtidos este foi o fator que influenciou forte e significativamente o valor de proteína do grão. Os tratamentos que conduziram a maiores teores de proteína no grão e estatisticamente semelhantes (A4, A6 e A8) foram os correspondentes à aplicação de fertilizantes específicos (Quadro 3) e têm em comum a aplicação de 50% do azoto numa fase avançada do seu ciclo vegetativo (emborrachamento), o que prova que aplicações de azoto tardias, tal como referem Patanita *et al.*, (2018) e Tomaz *et al.*, (2018) promovam o aumento de proteína do grão, em relação a aplicações da mesma quantidade de azoto mas em fases mais precoces do ciclo da cultura.

«Na produção de trigo, o azoto (N) é um elemento chave na obtenção de altos rendimentos e o teor de N é amplamente considerado como o principal fator que pode afetar diretamente o armazenamento de proteína no grão, bem como a sua qualidade tecnológica»

A ausência de efeito do regime hídrico no teor de proteína do grão estará certamente ligada à distribuição da precipitação na primavera, que eliminou as diferenças entre as modalidades de rega. De facto, não atingiu 1% a diferença entre o valor mais alto registado em R0 com 13,18% e o mais baixo obtido em R1 com 12,41% (Quadro 3).

O glúten contém cerca de 85% da proteína total, sendo constituído pelas proteínas responsáveis pelas propriedades viscoelásticas necessárias à elaboração de produtos panificáveis levedados: gliadina e glutenina (Bagulho, 2008 e Costa e Patanita, 2015). Os resultados obtidos, à semelhança do que se referiu à relação entre a proteína e o glúten, mostram comportamento do teor de glúten seco concordante ao do teor de proteína. O regime hídrico

QUADRO 3. Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada (tipo/fracionamento/época de aplicação) no teor de proteína do grão (%), glúten seco (%), força da massa – W (10-4J) e equilíbrio da massa (P/L) em Beja 2017/2018.

Tratamento	Teor de proteína (%)	Glúten seco (%)	Força da massa (W)	Equilíbrio da massa (P/L)
Regime Hídrico	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R0	13,18 a	9,7 a	302 a	0,95 a
R1	12,40 a	9,1 a	279 a	1,04 a
R2	12,74 a	9,3 a	280 a	1,07 a
Fertilização azotada	*	***	***	***
A1	12,47 cd	9,1 cd	284 bcd	1,02 ab
A2	12,96 bd	9,5 bc	304 ab	1,04 ab
A3	12,34 de	8,9 d	276 cde	1,12 a
A4	13,56 a	10,2 a	301 ab	0,87 b
A5	11,97 de	8,7 de	262 de	1,03 ab
A6	13,48 ab	10,0 ab	294 abc	0,97 ab
A7	11,95 e	8,3 e	257 e	1,14 a
A8	13,45 ab	9,9 b	316 a	0,97 ab
Interação (R×A)	***	***	**	n.s.
Média geral	12,77	9,3	287	1,02

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey; * – significativo para $p < 0,05$; ** – significativo para $p < 0,01$; *** – significativo para $p < 0,001$; n.s. – não significativo para $p < 0,05$.

não influenciou o teor de glúten, tendo-se registado valores muito próximos para as três modalidades (9,7, 9,3 e 9,1%, respetivamente para R0, R2 e R1).

Embora com influência no teor de glúten, a fertilização azotada não conduziu a grandes diferenças entre os tratamentos em estudo. À semelhança do que se verificou para o teor de proteína, os valores mais elevados de glúten foram obtidos nos tratamentos de fertilizantes específicos com 50% do azoto aplicado ao emborrachamento (A4, A6 e A8). Esta relação estreita entre o teor de proteína e de glúten expressa-se de forma clara nos elevados e significativos coeficientes de correlação entre a proteína e o glúten seco ($r=0,919$, com $p \leq 0,001$). Estes resultados estão de acordo com o referido por Bagulho (2008) e Costa *et al.*, (2017).

A fertilização azotada influenciou claramente a força da massa, tendo-se obtido os valores de W mais elevados nos tratamentos A8, A2, A4, respetivamente, 316, 304 e 303×10^{-4} J, estatisticamente semelhantes ao valor de 294×10^{-4} J obtido em A6. Estes tratamentos correspondem aos fracionamentos de azoto com aplicações na fase do emborrachamento, o que indica vantagem desta estratégia para promoção da qualidade tecnológica do grão, tal como foi referido por Bagulho (2008), Costa *et al.*, (2017), Patanita *et al.*, (2018) e Tomaz *et al.*, (2018).

A influência da fertilização azotada no equilíbrio da massa (P/L) foi menos forte, mas proporcionou os resultados mais interessantes nos mesmos tratamentos que foram identificados para a força da massa, nomeadamente os tratamentos com fertilizantes específicos e fracionados (A4, A6

e A8) que conduziram aos valores mais adequados para a utilização industrial (0,5 a 1,0) e que são concordantes com os teores de glúten mais elevados.

A correlação testada entre P/L e W indica uma relação significativa negativa ($r=-0,547$; $p \leq 0,001$), ou seja, a valores altos de W correspondem relações P/L baixas. Esta relação vai de encontro ao desejado pela indústria, concretamente, massas fortes (W elevado) e equilibradas (P/L baixo).

CONCLUSÕES

O regime hídrico não influenciou a produção de grão nem as características de qualidade tecnológica avaliadas, com destaque para o teor de proteína, teor de glúten, equilíbrio e força da massa (relação P/L e W), pela forma como de correu o ano do ponto de vista de distribuição da precipitação, o que não permitiu uma clara diferenciação entre os diferentes regimes hídricos.

A fertilização azotada foi o fator que influenciou significativamente a maioria das características analisadas, nomeadamente a produção de grão, bem como as características de qualidade (teor de proteína, teor de glúten, equilíbrio e força da massa).


Os resultados obtidos parecem indicar a vantagem da aplicação de fertilizantes azotados específicos com 50% da dose à sementeira e a aplicação do restante N em cobertura ao emborrachamento com adubos clássicos (A4, A6 e A8), particularmente para as características que avaliam a qualidade tecnológica do grão. A ausência de efeito do regime hídrico aponta para a influência determinante da variabilidade climática típica do clima mediterrânico do

sul de Portugal no rendimento agronómico do trigo mole e na sua qualidade para a indústria. Desta forma, justifica-se a realização de ensaios de campo multianuais e multi-locais para maior robustez de resultados.

«O teor de proteína do grão é uma característica habitualmente influenciada pelas condições ambientais e técnicas culturais, nomeadamente pela dose e fracionamento da fertilização azotada»

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pelo projeto INTERATrigo – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto, POCI-01-0145-FEDER-023262 e LISBOA-01-0145-FEDER-023262 (SAICT-POL/23262/2016), financiado pelo FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), do Programa Operacional Regional de Lisboa e da FCT/MCTES, através de fundos nacionais (PIDDAC).

O estudo é uma contribuição para o projeto UID/GEO/04035/2013, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). 

BIBLIOGRAFIA

- Alghory, A., Yazar, A. (2018). Evaluation of net return and grain quality characteristics of wheat for various irrigation strategies under the Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 203: 395–404.
- Bagulho, A. 2008. Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas de farinha de trigo mole. Tese apresentada para obtenção do grau de doutor nos ramos de engenharia agro-industrial. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Blandino, M., Marinaccio, F., Vaccino, P., Reyneri, A. 2015. Nitrogen fertilization strategies suitable to achieve the quality requirements of wheat for biscuit production. *Agronomy Journal*, 107(4): 1584-1594.
- Boteta, L. 2013. Gestão da Rega do Trigo. *Grandes culturas*, 1:18-21.
- Cardoso, J.C., 1974. A classificação dos solos de Portugal – nova versão. *Boletim de Solos*, 17. SROA. Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa. pp. 14–46.
- Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., Yang, H. 2003. Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28 (November 2003): 315-358.
- Costa, M.N., Bagulho, A., Patanita, M. 2017. Qualidade dos trigos (Parte III/III). Fatores que afetam a qualidade dos trigos. *Grandes Culturas*, 9: 11-15.
- Costa, M.N., Patanita, M. 2015. Qualidade dos trigos (Parte I/III). Avaliação da qualidade no trigo mole. *Grandes Culturas*, 5: 5-9.
- COTR. 2018. SAGRA – Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Consultado em <http://www.cotr.pt/servicos/sagra.php>.
- IPMA. 2018. Normais Climatológicas. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP. Consultado em <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/002/>.
- IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015, World Soil Resources Report Nº 106, FAO, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>.
- Patanita, M., Dôres, J., Costa, M.N., Rosa, E., Martins, P. Ferro Palma, J., Tomaz, A., Espada, R., Boteta, L., Costa, A.R., Pinheiro, N., Gomes, C., Bagulho, A.S., Almeida, A.S., Coutinho, J., Coco, J., Costa, A., Maças, B. 2018. Otimização da aplicação de fertilização azotada em trigos melhoradores. *Voz do Campo*, 216: 38-39.
- Patanita, M., Tomaz, A., Dôres, J. 2019. Ainda a rega dos cereais de semeadura outono-invernal. *Agrotec* 30: 60-61.
- SROA, 1966. Carta dos solos de Portugal. Direcção Geral das Florestas, Lisboa.
- Tomaz, A. Ferro Palma, J., Guerreiro, I., Patanita, M.I., Penacho, J., Dôres, J., Costa, M.N., Rosa, E., Patanita, M. 2017. An overview on the use of enhanced efficiency nitrogen fertilizers in irrigated Mediterranean agriculture. *Biomed J Sci & Tech Res* 1(7)-2017.
- Tomaz, A., Patanita, M., Oliveira, P., Dôres, J., Boteta, L., Ferro Palma, J., Guerreiro, I., Guerreiro, J., 2018. Rega e fertilização azotada do trigo em ambiente Mediterrânico: efeito no rendimento e qualidade do grão e na eficiência de uso da água de rega. *Agrotec* 28 – *Grandes Culturas* 11: 14-17.